

(51) Int. Cl.: G02B 23/16

(52) EPO. Cl.: G02B 23/16

(11) Patent Id: EP 00887680 A1
(43) Date: 30.12.1998

(21) Applic id: EP 98115811A
(22) Filed: 21.08.1998

(30) Priority: CH 293097A 21.12.1997
Family: EP 0887680 A1 30.12.1998
JP 11202210 A 30.07.1999

(71) Applicant: CONTRAVES AG (CH)

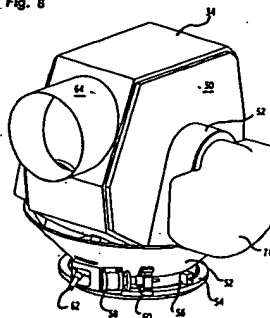
(72) Inventors:
⇒ FISCHER EDGARD DR (CH)
⇒ SANVIDO SAVERIO (CH)
⇒ HERREN ANDREAS (CH)

(54) Device for directional transmission and reception of modulated light waves

(57)

The reception device has a housing (50), made of plates (34), with a honeycomb structure (36) encased by thin layers (38) with low thermal expansion. It embodies a tilted mirror telescope (2) and sits in a symmetrically configured yoke (52) that can be turned on a ring. <??>Hollow plugs (66) fitted in the housing let light in and out into the tilted mirror telescope made up from a series of mirrors (14, 16, 18, 20). Using a common symmetrical axis, some of these mirrors (14, 16, 18) display partial areas of the rotationally symmetrical surfaces.

Fig. 8



(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) EP 0 887 680 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
30.12.1998 Patentblatt 1998/53

(51) Int. Cl.⁶: G02B 23/16

(21) Anmeldenummer: 98115811.6

(22) Anmeldetag: 21.08.1998

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(30) Priorität: 21.12.1997 CH 2930/97

(71) Anmelder: OERLIKON CONTRAVES AG
8050 Zürich (CH)

(72) Erfinder:
• Fischer, Edgard, Dr.
8555 Müllheim Dorf (CH)

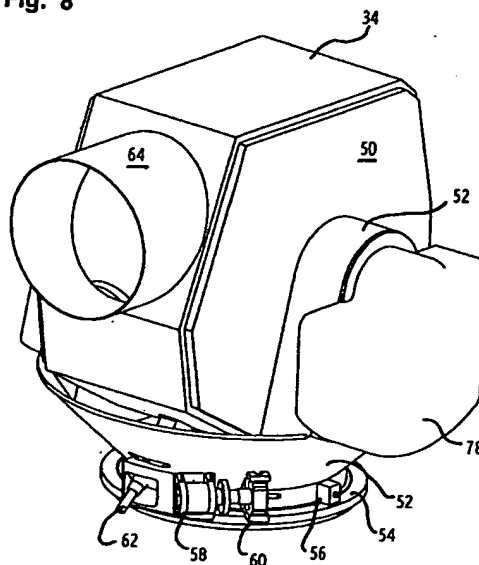
• Sanvido, Saverio
8152 Glattbrugg (CH)
• Herren, Andreas
8121 Benglen (CH)

(74) Vertreter:
Hotz, Klaus, Dipl.-El.-Ing./ETH
Patentanwalt
c/o OK pat AG
Hinterbergstrasse 36
Postfach 5254
6330 Cham (CH)

(54) Vorrichtung zur gerichteten Abstrahlung und zum gerichteten Empfang modulierter Lichtwellen

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur gerichteten Abstrahlung und zum gerichteten Empfang von modulierten Lichtwellen zwischen geostationären Satelliten bzw. geostationären noch erdnahen Satelliten deren Struktur besonders gewichtssparend aufgebaut ist.

Fig. 8



EP 0 887 680 A1

Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur gerichteten Abstrahlung und zum gerichteten Empfang von modulierten Lichtwellen zwischen geostationären Satelliten bzw. geostationären noch erdnahen Satelliten mittels eines Teleskops.

Faseroptische Kommunikationssysteme haben die leitungsgebundene Datenübertragung insbesondere über grosse Distanzen hinweg innerhalb weniger Jahre revolutioniert. So können heute bereits in Betrieb befindliche Systeme hinsichtlich der zur Verfügung stehenden Bandbreite als den bis dahin dominierenden Richtfunkanlagen in jeder Hinsicht überlegen angesehen werden. Lediglich die mobile Kommunikation vermag von diesem Fortschritt durch die leistungsfähigeren Festnetze nur mittelbar zu profitieren, da auch zelluläre Funknetze auf einem Teil des Übertragungsweges schmalbandige und störanfällige Funkkanäle nützen müssen. Bei der Übertragung über oder zwischen Satelliten sind zudem nach wie vor weite Strecken zu überwinden, welche grosse Sendeleistungen und Antennen erzwingen, die wiederum dem Bestreben der Raumfahrt nach möglichst kompakten und leichten Systemen zuwiderlaufen. Daher wurden schon recht bald nach dem Siegeszug der faseroptischen Kommunikationstechnik Bestrebungen in Gang gesetzt, deren Vorteile mittels geeigneter Systeme zur optischen Kommunikation durch den freien Raum ebenfalls zu nutzen.

In der faseroptischen Kommunikationstechnik erwiesen sich speziell bei der Überbrückung grosser Distanzen neue systemimmanente Faktoren als begrenzend, insbesondere die Dispersion in dem zu Übertragung genutzten dielektrischen Wellenleiter und diverse nichtlineare Effekte seines Materials. Die optische Kommunikation im freien Raum wiederum bedeutete die Wiederkehr alter begrenzender Einflüsse der Funktechnik und drahtgebundenen Kommunikation. Dominierend waren hier nun wieder der Verlust an Signalleistung auf der Übertragungsstrecke und der Einfluss von Fremdsignalen. Die äussersten Grenzen der Energie eines zur Übertragung genutzten Symbols werden allerdings wie in der faseroptischen Kommunikation nicht in den das Phänomen des thermischen Rauschens beschreibenden Begriffen, sondern in Photonen pro Bit ausgedrückt.

Zur sicheren Übertragung von Daten mittels Intensitätsmodulation sind beispielsweise bei einer Fehlerquote von $1/1'000'000'000$ 10.5 Photonen pro Bit inhärent erforderlich (J. S. Senior, Optical Fiber Communications, Principles and Practice, Second Edition, Prentice Hall, Seiten 469 bis 471).

Bessere Ergebnisse sind mit Puls-Positionsmodulation sowie diversen kohärenten Techniken, insbesondere Verfahren mit homodyner Überlagerung, erzielbar. Die besten realisierten Ergebnisse sind mittels homodyner Überlagerung gewonnen worden (weni-

ger als 30 Photonen pro Bit). Da für weltraumgestützte Systeme eine klare Anforderung hinsichtlich niedrigen Energieverbrauchs besteht, sollte ein optisches System zur Datenübertragung zwischen weit voneinander entfernten geostationären Satelliten Lichtwellen durch eine möglichst grosse und sehr genau ausgerichtete Apertur aussenden und empfangen. Diese wiederum lässt sich ab einer gewissen Grösse unter Beibehaltung eines niedrigen Gewichts nur in Form eines Spiegelteleskops realisieren. Spiegelteleskope sind in sogenannt coaxialer Bauweise in zahlreichen Ausführungsformen bekannt, genannt sein die Systeme nach Gregory, Cassegrain sowie Schmidt (Eugene Hecht, Optics, Second Edition, Addison-Wesley Publishing Company, Reading, Massachusetts, USA, Seiten 197, 198).

Allen gemeinsam ist der systembedingte Nachteil der teilweisen zentralen Abdeckung der Apertur durch Fangspiegel und deren Aufhängevorrichtung. Hier muss ein Kompromiss zwischen mechanischer Festigkeit und Verlusten durch Aperturabdeckung gefunden werden.

Im allgemeinen ist auch eine zusätzliche Blende erforderlich, welche die durch den Fangspiegel und dessen Aufhängung begünstigte Reflexion von Streulicht in die Richtung des zu empfangenden Lichts verhindert. Die gleichzeitige Verwendung eines solchen Teleskops zur Ausstrahlung einer Lichtwelle sowie des Empfangs einer entgegengesetzt einfallenden Lichtwelle bedingt im allgemeinen signifikante Nachteile, da genannter Fangspiegel samt Aufhängevorrichtung einen Teil der leistungsstarken gesendeten Lichtwelle in Richtung der gleichzeitig einfallenden Lichtwelle reflektiert und durch Überlagerung zu Störungen führt. Unter Hinnahme starker Einbussen hinsichtlich der Abbildungsqualität kann dieses Problem durch Verwendung eines von Kutter vorgeschlagenen Schiefspiegelteleskops umgangen werden. Allerdings führen die genannten Abbildungsfehler zur Vergeudung von wertvoller Sendeleistung.

Die im folgenden beschriebene Erfindung dient somit zur Überwindung der geschilderten Nachteile des Stands der Technik, indem ein Schiefspiegelteleskop zur Anwendung kommt, welches frei von Abbildungsfehlern, eine gleichzeitige bidirektionale Nutzung zur Abstrahlung sowie zum Empfang einer Lichtwelle erlaubt.

Das genannte Schiefspiegelteleskop ist aus mehreren Brechkraft ausübenden eine beugungsbegrenzt abbildende Oberfläche aufweisenden Spiegeln aufgebaut, die im Gegensatz zu dem von Kutter entwickelten System eine gemeinsame optische Achse aufweisen. Die Besonderheit des optischen Systems besteht darin, dass die Flächen der einzelnen Spiegel als aus auf einer gemeinsamen optischen Achse angeordneten achsensymmetrischen Spiegeln ausgeschnittene Teilflächen vorstellbar sind. Das Ausschneiden von Teilflächen erzeugt die eigentliche Struktur eines Schiefspiegelteleskops, ist aber auch zur Vermeidung der gegenseitigen Abschattung und aufgrund der

Unmöglichkeit von Überschneidungen von Spiegelflächen notwendig.

Eine weitere Besonderheit der Erfindung liegt in der Struktur des die Spiegel des Teleskops beinhaltenden Gehäuses. So ist die relative Position der Spiegel zueinander, sofern zur Erhaltung der Abbildungsqualität erforderlich, durch ein gesondertes Stützgerüst aus Invar oder einem vergleichbaren Material stabilisiert. Auf dieses Mittel kann bei Verwendung eines mechanisch und thermisch hinreichend stabilen Gehäuses verzichtet werden. Das Gehäuse des Schiefspiegelteleskops wird in der Erfindung aus einer besonders leichten und thermisch stabilen Struktur zusammengesetzt. Diese besteht aus einer aus dem Flugzeugbau bekannten Aluminium-Wabenstruktur, welche beidseitig durch eine Schicht aus wärmedehnungsarmem Material verschlossen ist. Neben dem bewährten Invar ist für diese Schichten in der vorliegenden Erfindung erstmals die wesentlich leichtere Glaskeramik Zerodur verwendet worden, welcher gegenüber Invar ausserdem eine erheblich geringere Wärmedehnung aufweist. Weiterhin erstmals wurde für denselben Zweck ein Kunststoff verwendet. Es handelt sich um ein sehr temperaturfestes Thermoplast (Peak), das mit einem hohen Anteil stabilisierender Glasfaserabschnitte vermischt ist, welche für hinreichende mechanische und thermische Stabilität sorgen.

Das Gehäuse des Teleskops ist zudem so ausgeführt, dass auf relativ kurzer Länge eine durch das Fehlen eines Fangspiegels samt Haltevorrichtung weniger dringend notwendige Blende bereits integriert ist.

Ein wesentlicher Vorteil der Erfindung liegt im geringen Gewicht des in um zwei oder mehreren Achsen drehbar gelagerten Teleskops, insbesondere, wenn aufgrund der günstigen statischen Eigenschaften des gewichtssparend aus in genannter Sandwichbauweise mit Aluminiumwaben gefertigten Platten zusammengesetzten Gehäuses auf ein stützendes Gerüst im Inneren des Gehäuses verzichtet werden kann, was besonders dann möglich ist, wenn die Masse der verwendeten Spiegelkörper entsprechend eines weiteren Merkmals der Erfindung durch mittels Bohrungen in deren lichtabgewandten Seite angebrachten Ausnehmungen auf ein durch Festigkeitsanforderungen gegebenes Minimum reduziert wird.

Ein weiterer Vorteil besteht durch die Anwendung eines fehlerfrei abbildenden Schiefspiegelteleskops dadurch, dass entsprechend den meisten mit Linsen arbeitenden Teleskopen mehr als zwei Brechkraft beinhaltende Spiegel verwendet werden können, wodurch die sich dadurch bei refraktiven, vollständig mit Linsen ausgestatteten Systemen erzielbaren Vorteile auf mit Spiegeln ausgestattete optische Systeme übertragen lassen.

Weitere Einzelheiten, Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich nicht nur aus den Ansprüchen und diesen zu entnehmenden Merkmalen - für sich und/oder in Kombination, sondern auch aus der nach-

folgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele.

Es zeigen:

- 5 Fig. 1 Zwei schematische Skizzen von verschiedenen Ausführungen von Schiefspiegel-Teleskopen,
- Fig. 2 die besondere optische Konstruktion des angewendeten Schiefspiegel-Teleskops,
- 10 Fig. 3 einen Quer- sowie einen sagitalen Schnitt durch ein das Schiefspiegel-Teleskop beinhaltendes tragendes Leichtbau-Gehäuse,
- Fig. 4 einen Quer- sowie einen sagitalen Schnitt durch ein das Schiefspiegel-Teleskop beinhaltendes tragendes Leichtbau-Gehäuse samt eines stabilisierenden Stützwerks,
- 15 Fig. 5 zwei Ausführungsbeispiele von stumpfwinkligen Verbindungen zwischen den Segmenten des verwendeten Leichtbau-Gehäuses,
- Fig. 6 ein Ausführungsbeispiel einer rechtwinkligen Verbindung zwischen zwei Segmenten des verwendeten Leichtbau-Gehäuses,
- 20 Fig. 7 ein Ausführungsbeispiel einer spitzwinkligen Verbindung zwischen zwei Segmenten des verwendeten Leichtbau-Gehäuses,
- 25 Fig. 8 die Aussenansicht eines ein Schiefspiegel-Teleskop beinhaltenden optischen Front-Ends eines optischen Kommunikationssystems,
- 30 Fig. 9 eine Explosionsdarstellung des optischen Front-Ends.

Fig. 1 zeigt die von Kutter entwickelte Konstruktion eines Schiefspiegel-Teleskops 2, welche aus in Bezug zum einfallenden Strahlenbündel 6 seitlich zueinander versetzten Brechkraft aufweisenden Spiegeln 8 und 10 sowie einem flachen Umlenkspiegel 12 besteht. Die Spiegel 8 und 10 besitzen im allgemeinen optische Achsen, welche nicht parallel zum einfallenden Lichtbündel 6 sind. Dadurch ergeben sich die bei grösserer Abweichung von der optischen Achse zwingenden Abbildungsfehler. Dieser Mangel ist in einer verbesserten Konstruktion 4 behoben, indem alle mit Brechkraft versehenen Spiegel 14, 16, und 18 eine zum einfallenden Strahlenbündel 6 parallele sowie miteinander gemeinsame optische Achse 26 aufweisen. Die genannten Spiegel sind somit Ausschnitte von einander verdeckenden und überschneidenden rotationssymmetrischen Spiegelflächen mit gemeinsamer Symmetrieachse, was noch deutlicher aus deren in Fig. 2 im Sagittalschnitt 24 dargestellten Fortsetzungen 28, 30 und 32 hervorgeht.

Ein planarer Spiegel 20 lenkt das Strahlenbündel in eine refraktive Optik 22, nach welcher im allgemeinen eine entsprechende quantenoptische Vorrichtungen beinhaltende optische Bank folgt. Zwecks Abschirmung von seitlich einströmendem Licht sind die Spiegel 14, 16, 18 und 20 in ein aus Platten 34 verschiedener Stärke zusammengefügtes Gehäuse nach Fig. 3 einge-

setzt.

Die Platten 34 sind, wie in Fig. 5 dargestellt, nach einer aus dem Flugzeugbau bekannten Ausführungsform aus einer hexagonal wabenartigen Struktur 36 gefertigt, welche zwischen zwei dünnen Schichten 38 liegt und mit diesen durch Klebung oder andere Techniken verbunden ist. Während die wabenartige Struktur 36 aus Aluminium bestehen kann, sind für die dünnen Schichten 38 Materialien vorgesehen, die eine geringe Wärmedehnung aufweisen. Neben bewährten Werkstoffen wie z.B. Invar können dies auch andere geeignete Werkstoffe sein, wie z.B. Zerodur®, wodurch sich neben noch geringerer Wärmedehnung auch eine erhebliche Gewichtsersparnis ergibt. Neben der Glaskeramik Zerodur® können zudem auch Kunststoffe verwendet werden. Thermoplaste ermöglichen eine einfache Verarbeitung und sind bei entsprechend hoher Verarbeitungstemperatur auch noch bei höheren Temperaturen einsetzbar. Durch Beimischung von Glasfaserabschnitten modifizierte Werkstoffe erfüllen sowohl mechanische als auch thermische Anforderungen für den Einsatz im Weltraum. So ist die Wärmedehnung ausserordentlich gering, die Temperaturfestigkeit und die mechanische Festigkeit hinreichend. Eine geringe Wärmedehnung kann als Eigenschaft insbesondere dadurch optimiert werden, dass dem Kunststoff ein hoher Anteil an Glasfaserabschnitten oder Faserabschnitten aus anderen Werkstoffen beigemischt wird, wobei das für die Faserabschnitte verwendete Glas oder sonstiger Werkstoff niedrigste Wärmedehnung aufweist.

Glasfasern oder Fasern aus anderen Werkstoffen können zudem innerhalb einer dünnen Schicht 38 in Form einer Matrixstruktur vorhanden sein. Um auch die Körper der Spiegel 14, 16, 18 und 20 sowie alle weiteren Spiegel in ihrer Masse möglichst gering zu halten, können diese in ihrer lichtabgewandten Seite mit zahlreichen, für deren Befestigung am Gehäuse nicht unbedingt notwendigen Bohrungen versehen werden, welche in regelmässiger Ausführung in angenäherter Weise Ausnehmungen mit ebenfalls hexagonal wabenartiger Struktur ergeben.

Da die genaue Einhaltung der relativen Position der Spiegel 14 und 16 zueinander für die Qualität der optischen Abbildung sehr kritisch ist, kann deren genaue Einhaltung zusätzlich durch stützende Platten 40 und Streben 42 nach Fig. 4 aus einem Material mit geringer Wärmedehnung gewährleistet werden. In Fig. 5 sind stumpfwinklige Verbindungen zwischen Platten 34 dargestellt.

Einerseits kann eine Verbindung zwischen zwei Platten in endgültiger Weise durch eine Verklebung 44 an jeweils entsprechend angeschrägten Plattenrändern erfolgen, der durch aufgeklebtes Stützmaterial 46 zusätzliche Stabilität verliehen wird. Andererseits kann eine Verbindung auch mittels einer Verklebung 44 zwischen einer in gewissen Abständen mit Gewindelöchern versehenen Schiene 48 und der Platte 34

erfolgen, wobei eine korrespondierende, mit Löchern versehene und mit der zweiten zu verbindenden Platte 34 verklebte Schiene 50 mittels Gewindeschrauben 52 an der Schiene 48 befestigt ist.

Fig. 6 und Fig. 7 zeigen eine entsprechende rechtwinklige bzw. spitzwinklige Verbindung. Die Integration eines Schiefspiegel-Teleskops der anhand von Fig. 3 und Fig. 4 beschriebenen Art innerhalb eines Front-Ends eines optischen Freiraum-Kommunikationssystems ist in Fig. 8 und Fig. 9 dargestellt. Das aus Platten 34 zusammengesetzte Gehäuse 50 lagert in einem Joch 52, welches in einem Ring 54 drehbar gelagert ist. Auf dem Ring 54 sind ein Drehwinkelgeber 56 zur Ermittlung des aktuell eingestellten Drehwinkels um eine Azimuthachse 69, ein über ein Getriebe 60 auf den Ring 54 wirkender Motor 58 sowie eine für Ruhephasen vorgesehene alle Drehbewegungen blockierende Sperre 62 angebracht. Die Sperre 62 dient zur Sicherung der gesamten Vorrichtung bei Verwendung auf einem Satelliten, welcher während des Raketenstarts extremer Beschleunigung ausgesetzt ist. Zudem ist eine zusätzlich zum Gehäuse 50 wirkende Blende 64 am Gehäuse 50 angebracht. Durch am Gehäuse 50 angebrachte Hohlzapfen 66 ist das Teleskop um die Elevationsachse drehbar, während gleichzeitig durch das innere eines der beiden Hohlzapfen 66 mittels eines planen Umlenkspiegels 74 Licht in das Teleskop eingekoppelt bzw. herausgeführt wird. Die hierzu notwendigen Vorrichtungen sind in einer diesem Hohlzapfen 66 benachbart gelagerten auf dem Joch 52 befestigten optischen Bank 76 zusammengefasst. Diese beschirmende Abdeckung 78 nimmt von der optischen Bank 76 erzeugte Wärme auf und strahlt diese in den freien Raum ab. Denselben Zweck erfüllt eine weitere Abdeckung 82, welche systemnahe Komponenten 80 der Elektronik beschirmt und kühlt. Weiterhin sind im Joch ein auf den zweiten Hohlzapfen 66 wirkender Antrieb 72 zur Einstellung des Elevationswinkels des um eine Elevationsachse 67 gedrehten Teleskops sowie gegenüberliegend im anderen Arm des Jochs 52 ein Messgeber 70 zu dessen Erfassung angebracht. Der Messgeber 70 besteht aus zwei zueinander verdrehbaren Ringen, die jeweils mit dem Hohlzapfen 66 bzw. dem Joch 52 in festem Kontakt stehen, wobei die Öffnung des Jochs 66 in keinem Fall vollständig verdeckt wird, um über den Umlenkspiegel 74 den Ein- bzw. Austritt von Licht zu ermöglichen. Der Messgeber 70 und der Antrieb 72 dienen als Sensor bzw. Stellglied für eine in den systemnahen Komponenten 80 angeordnete Regelschaltung. Weitere in den systemnahen Komponenten 80 angeordnete Baugruppen kontrollieren die Temperatur eines quantenoptischen Verstärkers sowie die Feinausrichtung und das Vorhaltmass des zu sendenden Lichtstrahls.

Die optische Bank 76 ist am Joch 52 befestigt und wird mit diesem azimuthal mitgedreht, während eine Änderung der Abstrahlungs- bzw. Empfangsrichtung in der Elevation durch Mitdrehung des im in der Elevation

gedrehten Teleskops angebrachten Umlenkspiegels 74 geschieht, was angesichts der Verwendung von zirkular polarisiertem Licht zur Übertragung keine Anpassung einer linearen Polarisationsrichtung erfordert. Dies stellt für den speziellen Anwendungsfall der Verbindung zwischen zwei sich auf der geostationären Umlaufbahn befindlichen Satelliten einen günstigen Kompromiss dar, da durch Änderung des Elevationswinkels des im Gehäuse 50 befindlichen Teleskops eine grosse Anzahl von benachbarten Satelliten erreicht werden kann, wobei nur geringe Anpassungen des mit dem Motor 58 über das Getriebe 60 sowie den Drehwinkelgeber 56 eingestellten Azimutwinkels erforderlich sind. Beschränkt sich dessen Stellbereich somit insgesamt auf weniger als 10 Grad, ist keine besondere drehbewegungsfähige Kabelführung vom Körper eines Satelliten zur optischen Bank 76 oder zu systemnahen Komponenten 80 der zum Betrieb erforderlichen Elektronik erforderlich.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur gerichteten Abstrahlung und zum gerichteten Empfang von modulierten Lichtwellen zwischen geostationärer Satelliten bzw. geostationärer noch erdnahe Satelliten mittels eines Teleskops, beinhaltend ein Gehäuse (50), gefertigt aus Platten (34) mit einer von wärmedehnungsarmen dünnen Schichten (38) eingeschlossenen Wabenstruktur (36) mit darin eingebautem Schiefspiegelteleskop (2), gelagert in einem symmetrisch ausgeführten Joch (52), wobei das Joch (52) auf einem Ring (54) drehbar gelagert ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass am Gehäuse (50) angebrachte Hohlzapfen (66) zur Ein- und Ausleitung von Licht in das Schiefspiegelteleskop (2) dienen.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Gehäuse (50) ein aus Spiegeln (14, 16, 18 und 20) bestehendes Schiefspiegelteleskop (2) beinhaltet, dessen Spiegel (14, 16 und 18) Teilflächen von rotationssymmetrischen Flächen mit gemeinsamer Symmetrieachse darstellen.
4. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass am Gehäuse (50) zur Abschirmung des Strahlenbündels (6) eine zusätzliche Blende (64) angebracht ist.
5. Vorrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Spiegel (14, 16, 18 und 20) sowie alle weiteren

Spiegel oder einzelne der genannten Spiegel auf ihrer lichtabgewandten Seite durch Bohrungen mit Ausnehmungen versehen sind, deren regelmässige Anordnung näherungsweise die Form einer hexagonal wabenartigen Struktur besitzt.

6. Vorrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Schiefspiegel-Teleskop wenigstens drei Brechkraft beinhaltende Spiegel (14, 16 und 18), oder eine beliebige höhere Anzahl von Brechkraft beinhaltenden Spiegeln umfasst.
7. Vorrichtung nach einer der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die optische Bank (76) mit dem Joch (52) fest verbunden ist und lediglich bei Drehungen des Jochs (52) um die Azimutachse (69) in einem stark eingeschränkten Winkelbereich bewegbar ist.
8. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die die Wabenstruktur (36) einschliessenden wärmedehnungsarmen dünnen Schichten (38) aus einer Glaskeramik gefertigt sind.
9. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die die Wabenstruktur (36) einschliessenden wärmedehnungsarmen dünnen Schichten (38) aus einem Kunststoff gefertigt werden, welcher insbesondere ein entsprechend optimierter Thermoplast ist.
10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass der verwendete Kunststoff durch Beifügung von Faserabschnitten oder Einbettung von Fasermatrizen aus einem hochfesten und wärmedehnungsarmen Material in seiner mechanischen Festigkeit und geringen Wärmedehnung verbessert ist.

Fig. 1

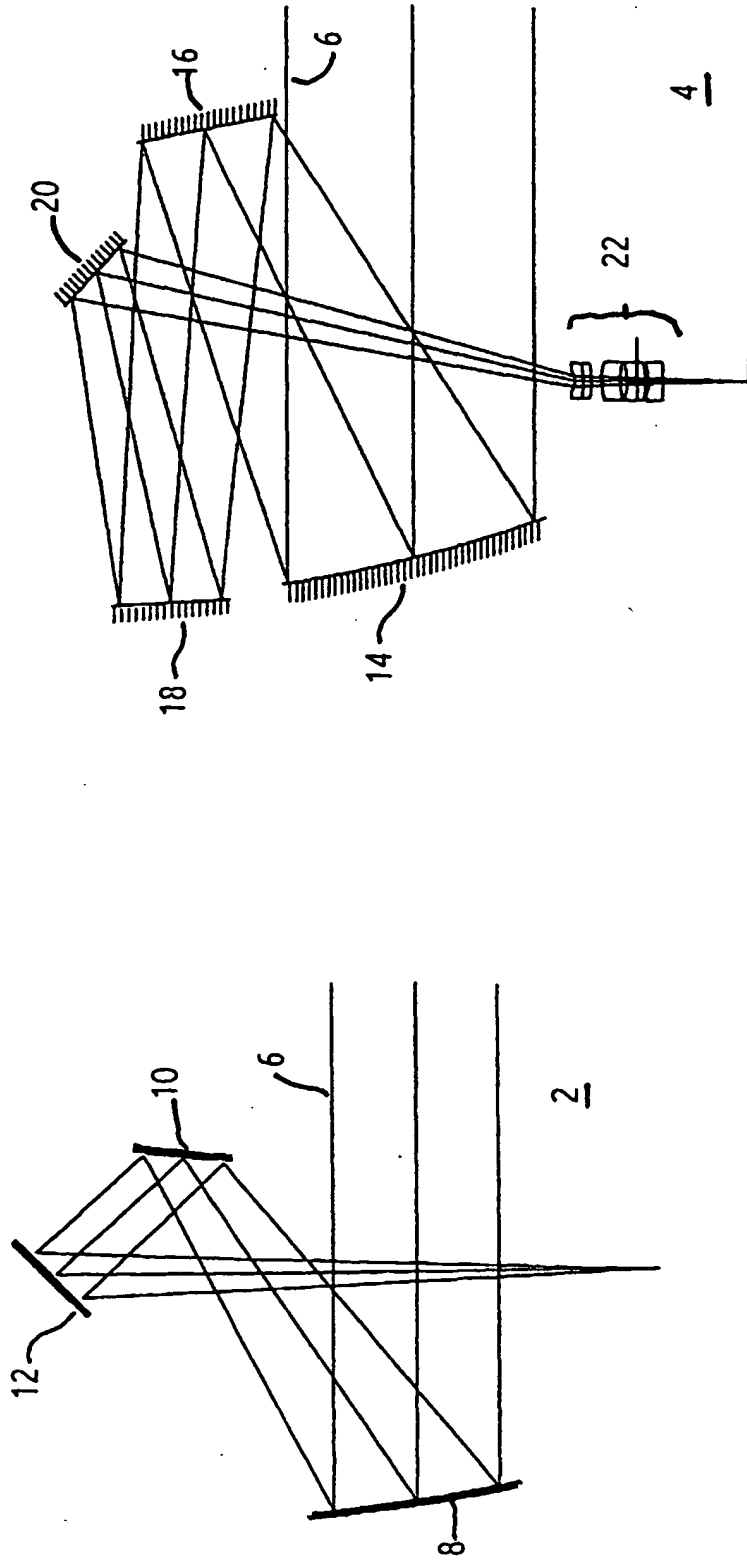


Fig. 2

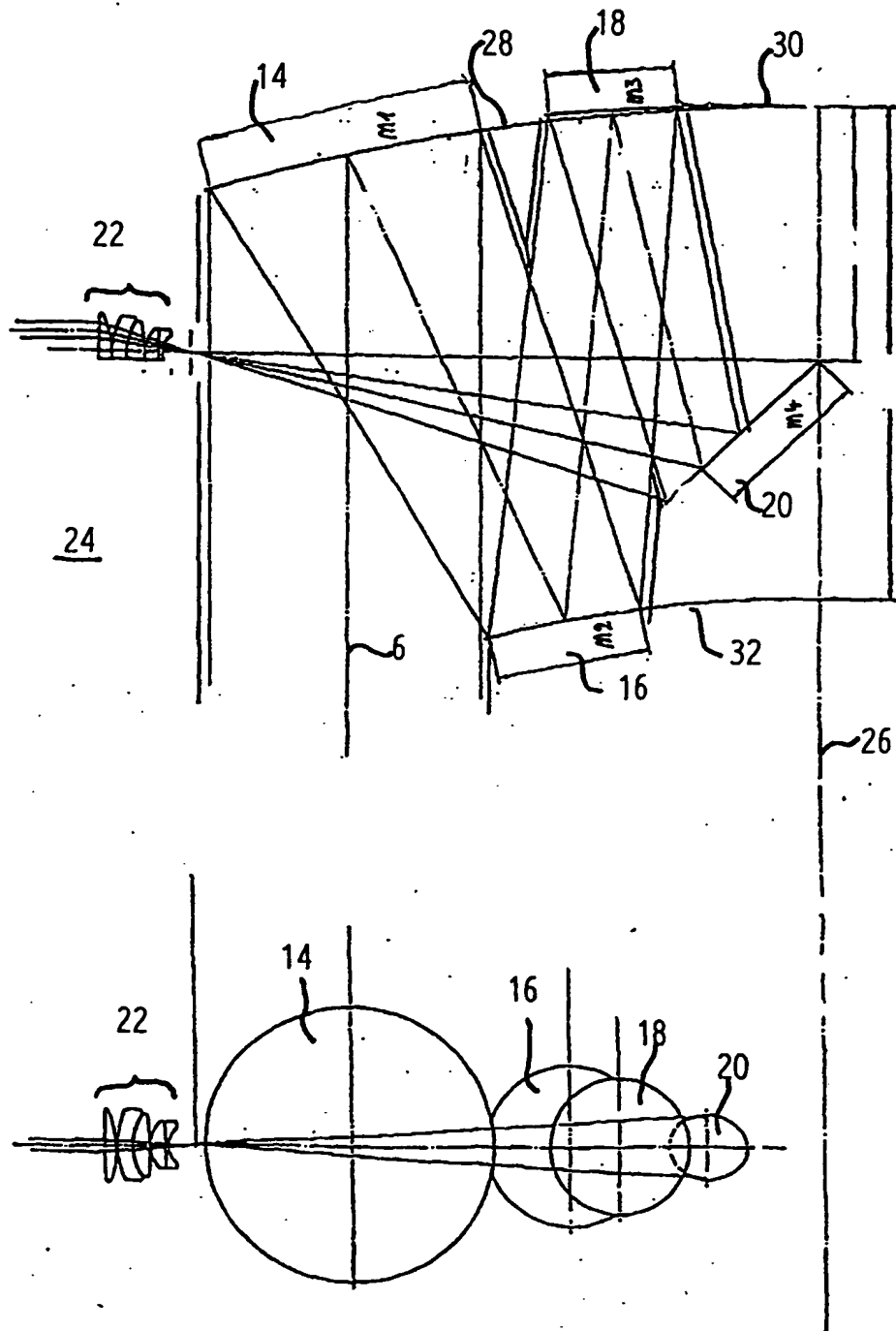


Fig. 3

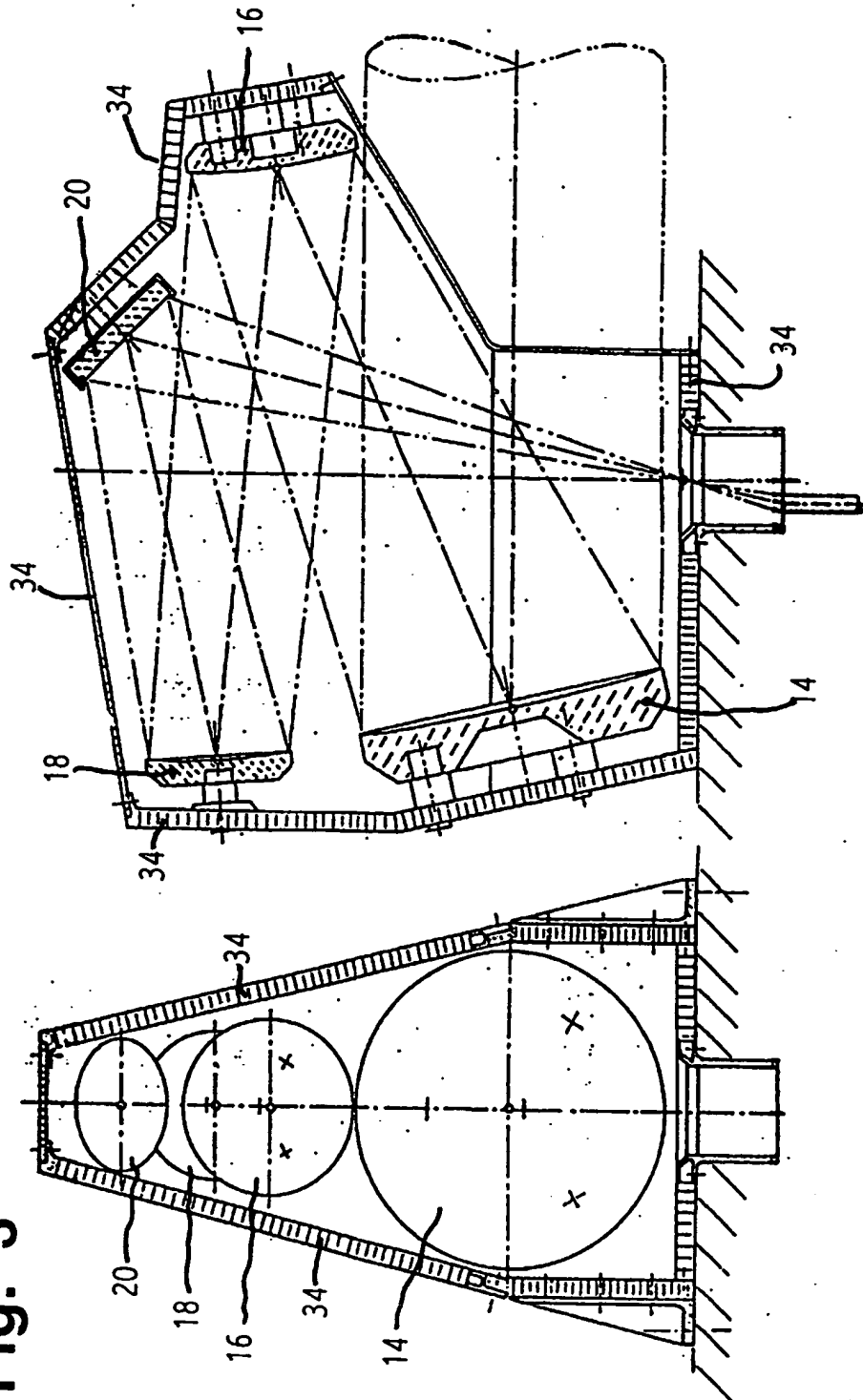


Fig. 4

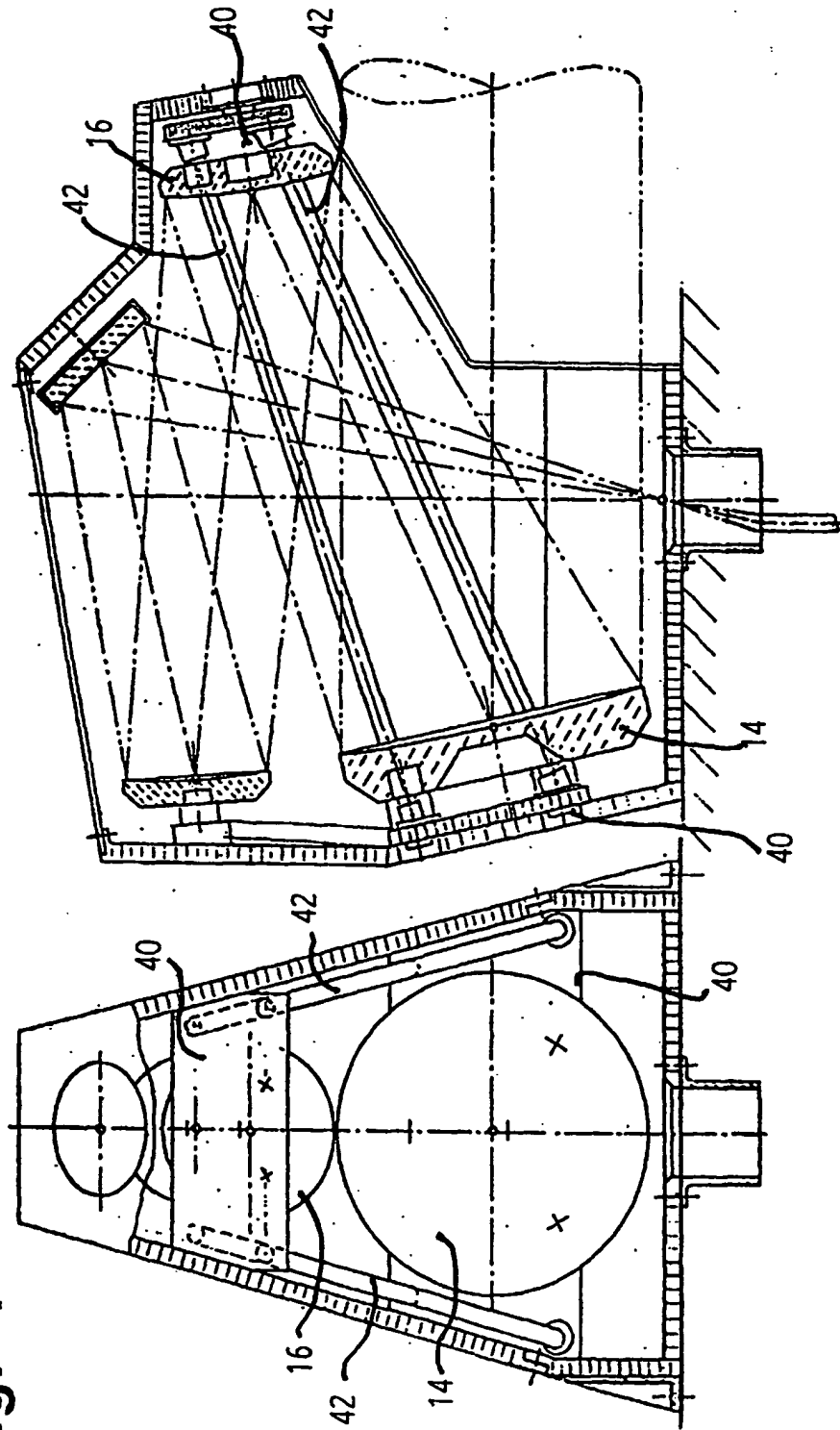


Fig. 5

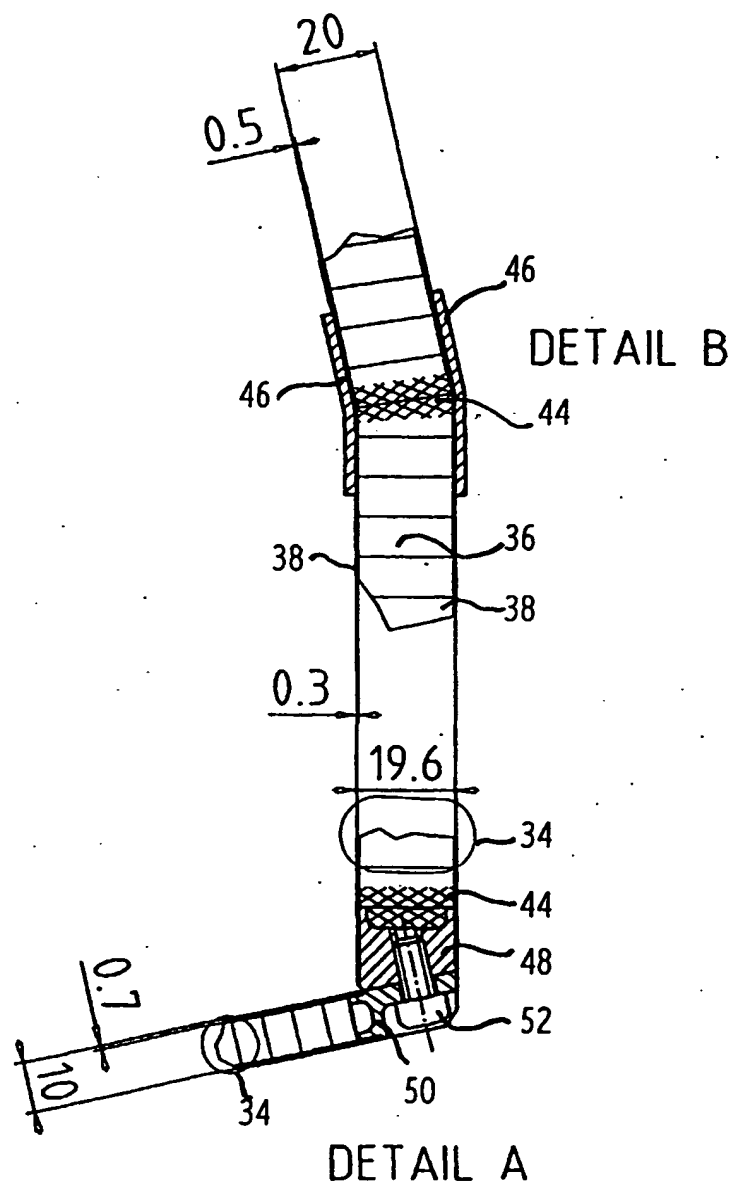
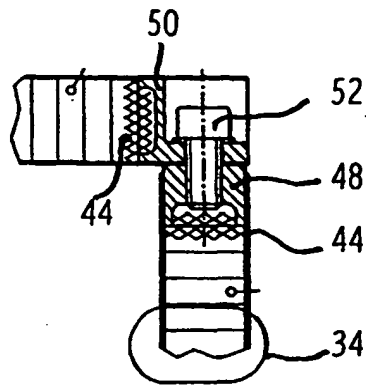


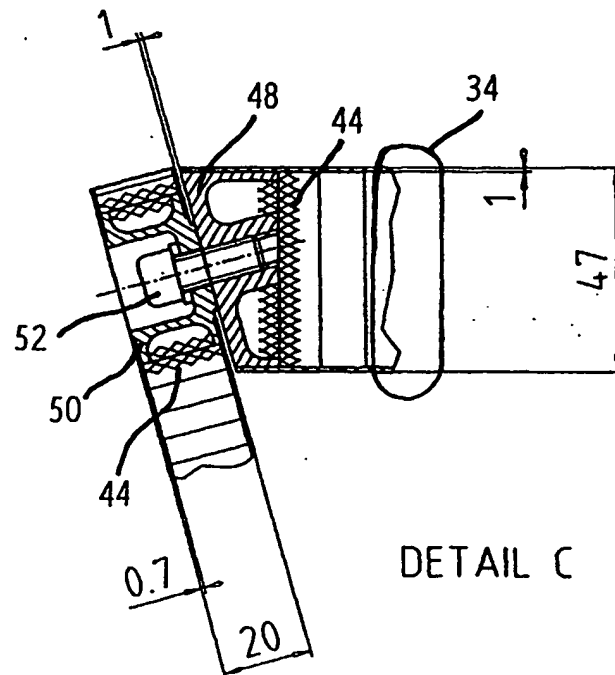
Fig. 6



TYPICAL FIXATION OF PANEL 8

DETAIL D-D

Fig. 7



DETAIL C

Fig. 8

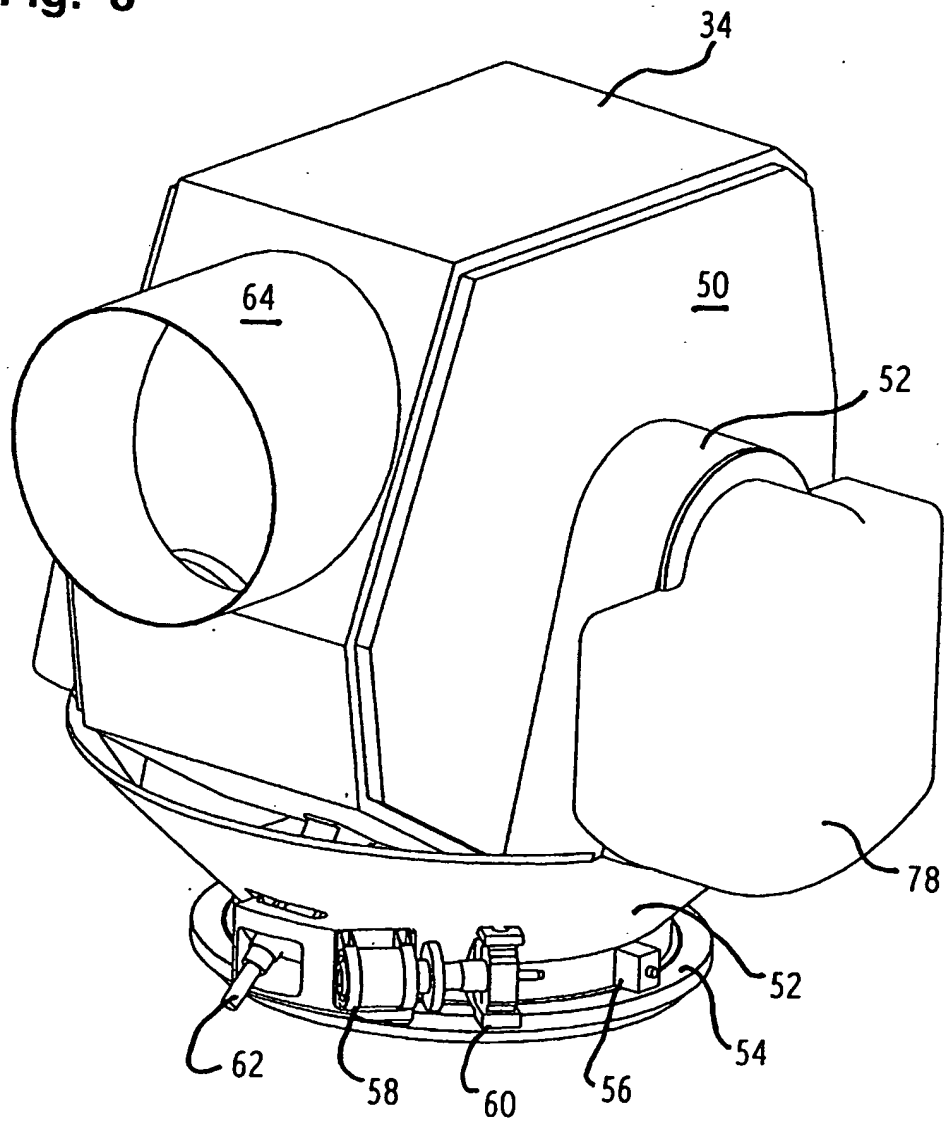
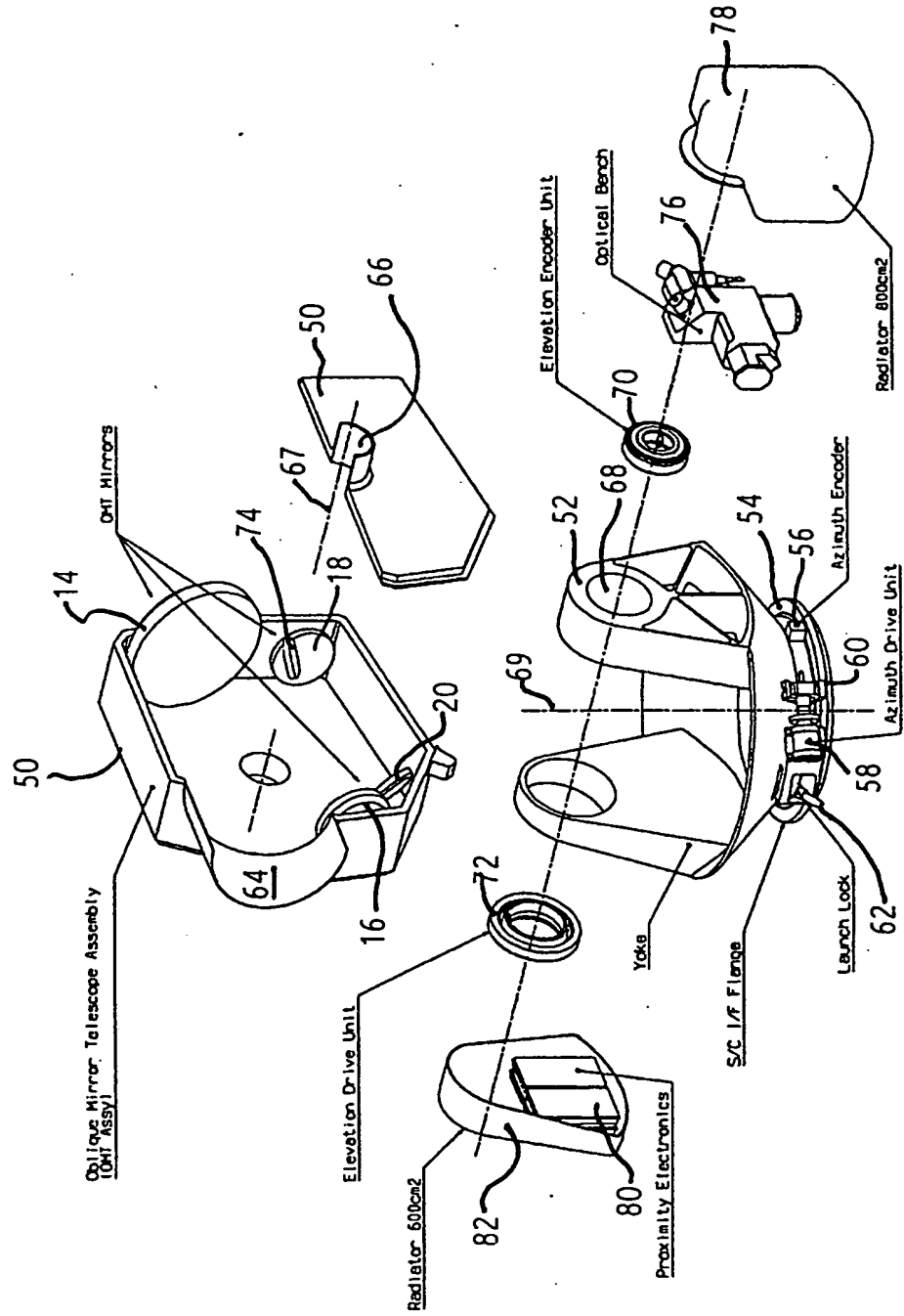


Fig. 9





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 98 11 5811

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
A	FR 2 731 807 A (SEREL) 20. September 1996 * Seite 3, Zeile 25 - Seite 4, Zeile 27; Abbildung 1 *	1	G02B23/16
A	EP 0 796 829 A (AEROSPATIALE) 24. September 1997 * Spalte 6, Zeile 22 - Zeile 41 *	1	
A	US 4 439 767 A (HEFLEY RICHARD M ET AL) 27. März 1984 * Spalte 2, Zeile 59 - Spalte 3, Zeile 8 *	1	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6)
			G02B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 23. Oktober 1998	
		Prüfer Sarneel, A	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
<p>X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichttechnische Offenbarung P : Zwischenliteratur</p>			
<p>T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument</p>			

EPO FORM 1503 03.92 (P44C03)